Mantenimiento Industrial

Tecnología de Máquinas

4º Ingeniería Industrial

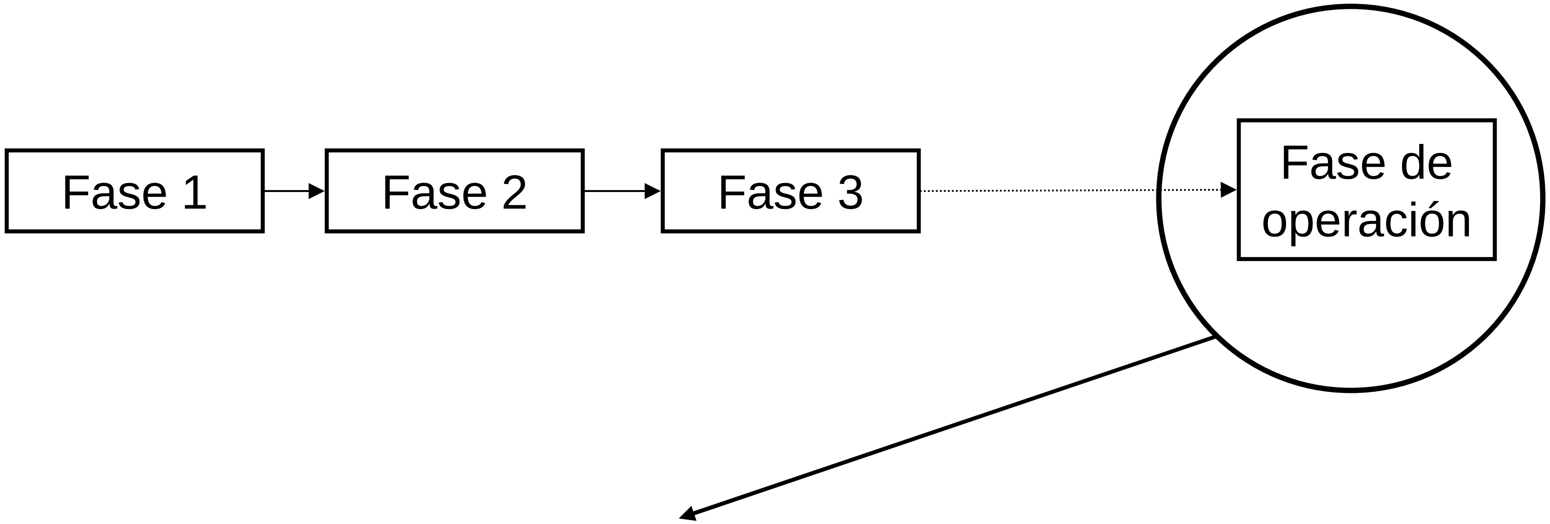
Mª Belén Muñoz Abella
Leganés, 2003

MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

- Introducción e historia
- Concepto y objetivos
- Tipos
- Definiciones
- Planificación
- Técnicas

INTRODUCCIÓN

Sistema productivo de un bien o servicio



Fallos, interrupción temporal o definitiva del sistema

El sólo paso del tiempo provoca en algunos bienes disminuciones evidentes de sus cualidades

HISTORIA

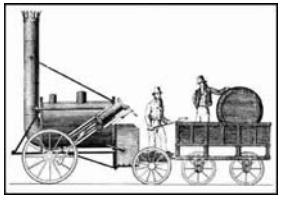
Prehistoria



Afilar herramientas y armas

Coser y remendar las pieles,...

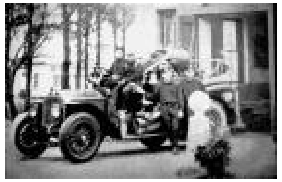
Revolución Industrial



Mantenimiento de urgencia (correctivo)

Muchos y graves accidentes

1925



Concepto de mantenimiento preventivo (evitar interrupciones en el proceso productivo)

Años 60



Mantenimiento predictivo

Actualmente

Mantenimiento Total

Calidad

Seguridad e Higiene

Medio Ambiente

CONCEPTO DE MANTENIMIENTO

"Control constante de las instalaciones y/o componentes, así como del conjunto de trabajos de reparación y revisión necesarios para garantizar el funcionamiento regular y el buen estado de conservación de un sistema"

OBJETIVOS

- Evitar, reducir y, en su caso, reparar los fallos
- Disminuir la gravedad de los fallos que no se puedan evitar
- Evitar detenciones inútiles o paros de máquina
- Evitar accidentes
- Conservar los bienes productivos en condiciones seguras de operación
- Reducir costes
- Prolongar la vida útil de los bienes

TIPOS DE MANTENIMIENTO

- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento predictivo
- Mantenimiento productivo total

Total Productive Maintenance (TPM)

MANTENIMIENTO CORRECTIVO

*Conjunto de actividades de reparación y sustitución de elementos deteriorados, que **se realiza cuando aparece el fallo***

APLICABLE A SISTEMAS:

- Complejos (ej: electrónicos)
- En los que es imposible predecir los fallos
- Admiten ser interrumpidos en cualquier momento y con cualquier duración

INCONVENIENTES:

- El fallo puede aparecer en el momento más inoportuno
- Fallos no detectados a tiempo pueden causar daños irreparables en otros elementos
- Gran capital en piezas de repuesto

MANTENIMIENTO PREVENTIVO

*Conjunto de actividades **programadas de antemano** encaminadas a reducir la frecuencia y el impacto de los fallos*

INCONVENIENTES:

- Cambios innecesarios (del propio elemento o de otros)
- Problemas iniciales de operación
- Coste de inventarios medio
- Mano de obra
- Caso de mantenimiento no efectuado

PLANIFICACIÓN

- Definir los elementos objeto de mantenimiento
- Establecer su vida útil
- Determinar los trabajos a realizar en cada caso
- Agrupar temporalmente los trabajos

MANTENIMIENTO PREDICTIVO

*Conjunto de actividades de **seguimiento y diagnóstico continuo** que permiten una **intervención correctora inmediata** como consecuencia de la detección de algún síntoma de fallo*

→ *MONITORIZACIÓN DE DIFERENTES PARÁMETROS*

(Presión, Temperatura, Vibraciones, Ruido, etc.)

→ *VENTAJAS*

- Registro de la historia de los análisis
- Programación del mantenimiento en el momento más adecuado

MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

“TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE (TPM)”

- ***MANTENIMIENTO***: Mantener las instalaciones siempre en buen estado
- ***PRODUCTIVO:*** Enfocado al aumento de productividad
- ***TOTAL:*** Implica a la totalidad del personal (no sólo al servicio de mantenimiento)

El operario realiza pequeñas tareas de mantenimiento de su puesto (reglaje, inspección, situación pequeñas cosas,...)

Las tareas de mantenimiento se realizan por todo el personal en pequeños grupos, con una dirección motivadora

CONCEPTOS ASOCIADOS AL MANTENIMIENTO

- Fiabilidad y tasa de fallos
- Mantenibilidad y tasa de reparación
- Disponibilidad

CONCEPTO DE FIABILIDAD

"Probabilidad de que un bien funcione adecuadamente durante un periodo determinado bajo condiciones operativas específicas"

- ***Definiciones***

T: Vida del componente (variable aleatoria)

F(t): Función de distribución acumulada

$$F(t) = P(T \leq t)$$

f(t): Función de densidad de probabilidades

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt}$$

R(t): ***Función de fiabilidad o de supervivencia***

$$\boxed{R(t) = P(T > t) = 1 - F(t)}$$

Tasa de fallos

$$P\{t < T \le t+s \mid T > t\} = \frac{P\{t < T \le t+s\}}{P\{T > t\}} = \frac{F(t+s) - F(t)}{R(t)}$$

$$\lambda(t) = \lim_{s \to 0} \frac{1}{s} \frac{F(t+s) - F(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{R(t)}$$

FUNCIÓN TASA DE FALLOS

FUNCIÓN DE RIESGO

TASA INSTANTÁNEA DE FALLOS

"Probabilidad de fallo del componente en un tiempo infinitamente pequeño cuando en el instante t anterior estaba operativo (Para valores suficientemente pequeños de t)"

Evolución de la tasa de fallos. "Curva de bañera"

ETAPAS EN LA VIDA DE UN EQUIPO

Juventud
Mortalidad infantil

Fallo al poco tiempo de la puesta en marcha

- Errores de diseño
- Defectos fabricación y/o montaje
- Ajuste difícil

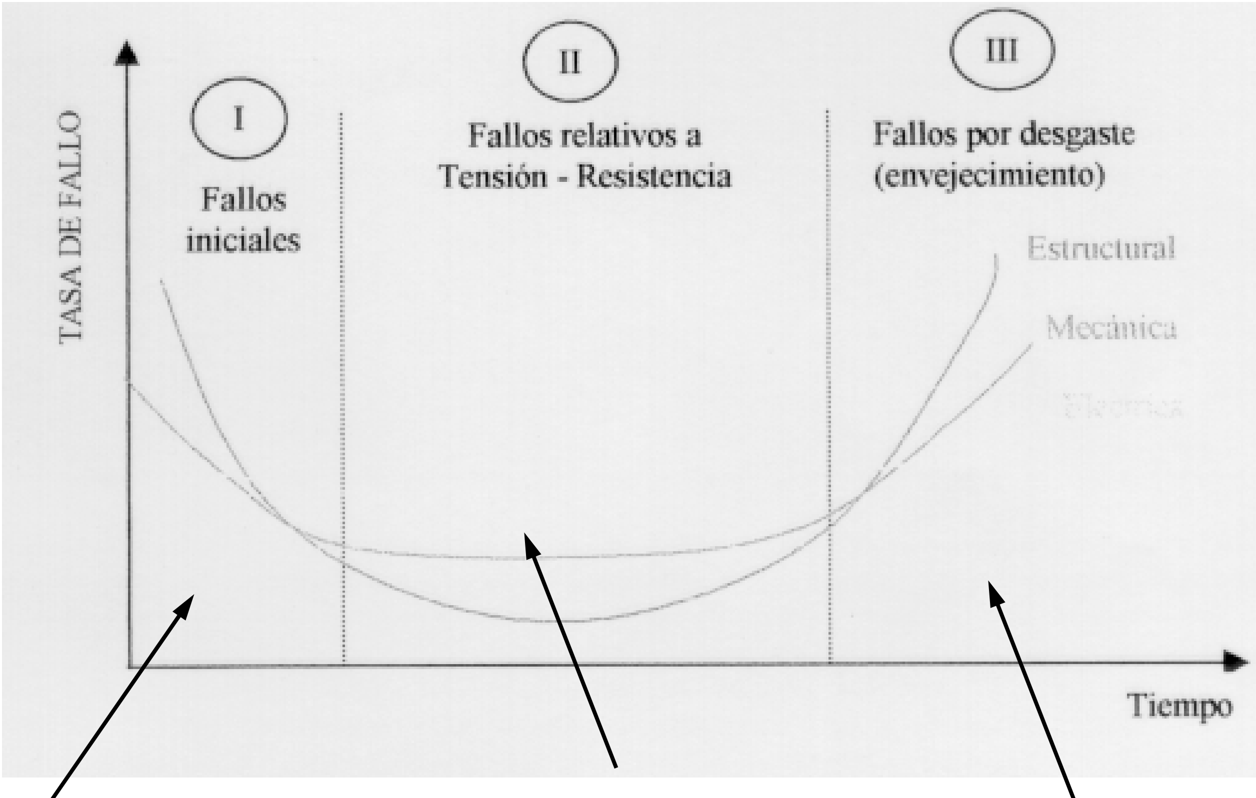
Madurez
Periodo de vida útil

Fallos de carácter aleatorio

Envejecimiento

Deterioro

Evolución de la tasa de fallos. “Curva de bañera”



Mortalidad infantil

Vida útil

Tasa de fallos constante

Envejecimiento

Modelos matemáticos de distribución de probabilidad de fallos

TASA DE FALLOS CONSTANTE

$$\lambda (t) = \lambda$$

- La probabilidad de que una unidad falle es independiente de cuánto tiempo haya estado funcionando
- La unidad no presenta síntomas de envejecimiento

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$$

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$$

$$R(t) = e^{-\lambda t}$$

LEY EXPONENCIAL

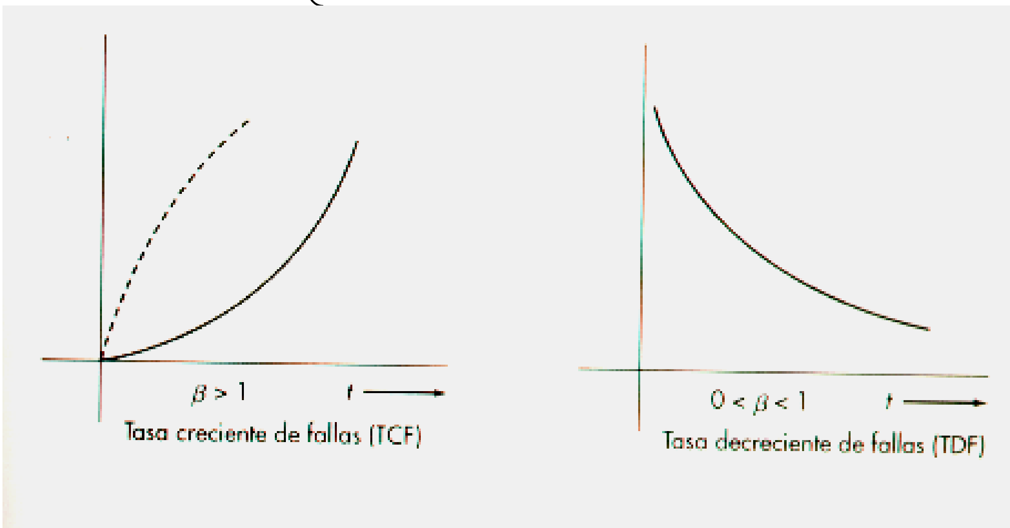
Modelos matemáticos de distribución de probabilidad de fallos

TASA DE FALLOS CRECIENTES O DECRECIENTES

$$\lambda(t) = \alpha\beta t^{\beta-1}, \text{ siendo } \alpha \text{ y } \beta > 0$$

Cuando $\beta > 1$, $\lambda(t)$ *es creciente*

Cuando $0 < \beta < 1$, $\lambda(t)$ *es decreciente*



Modelos matemáticos de distribución de probabilidad de fallos

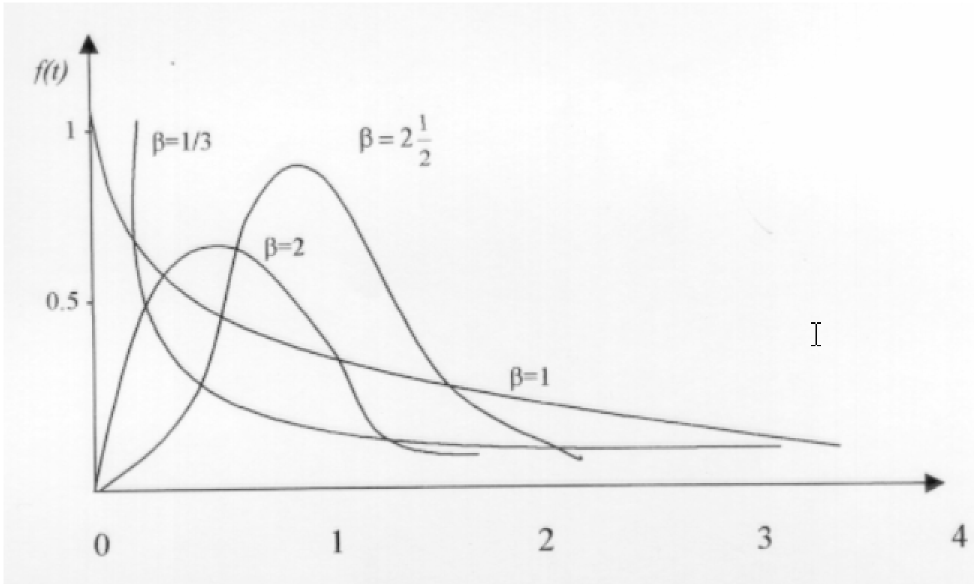
TASA DE FALLOS CRECIENTES O DECRECIENTES

$$\lambda(t) = \alpha\beta t^{\beta-1}, \; siendo \;\; \alpha \;\; y \;\; \beta > 0$$

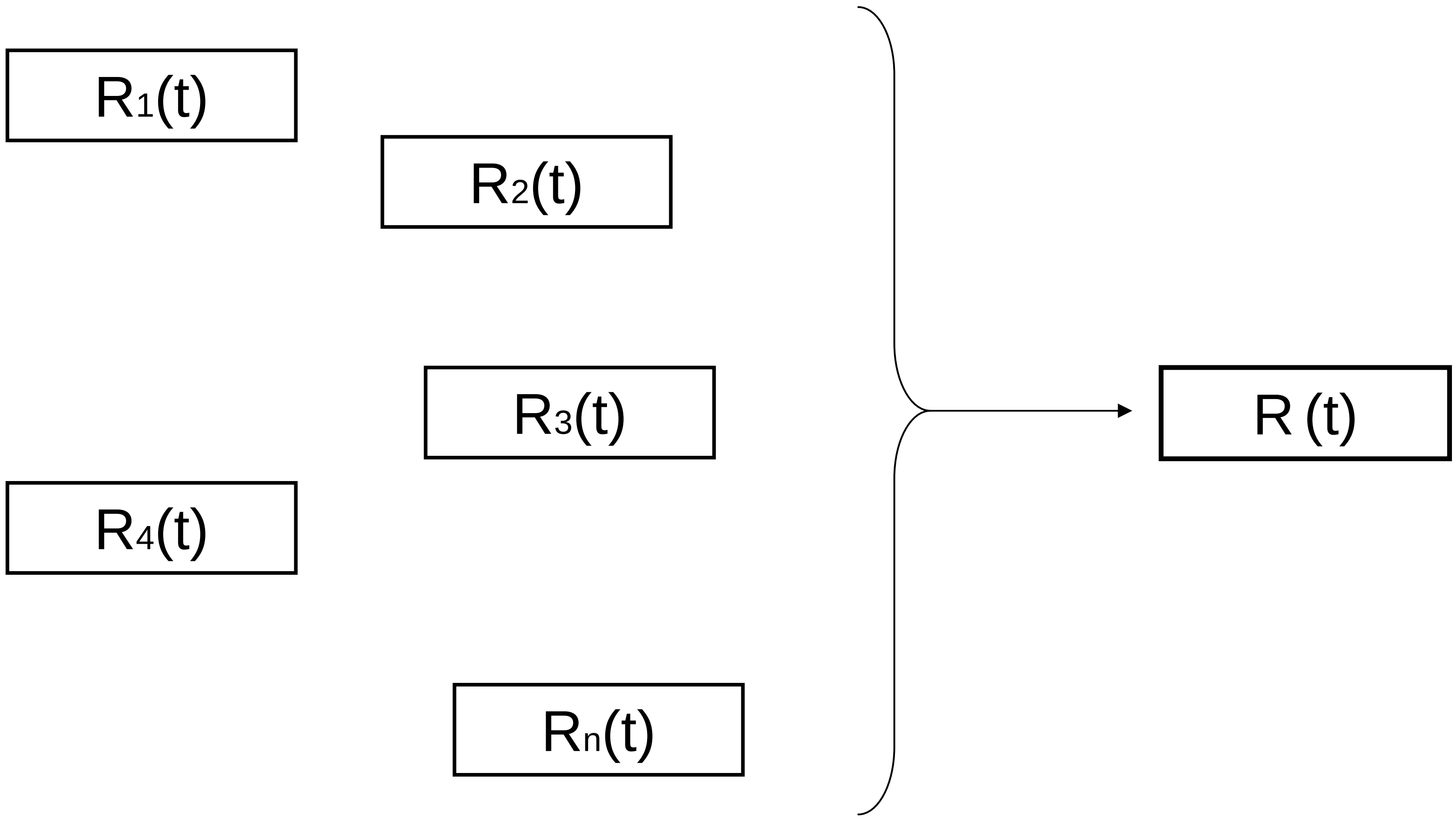
$$R(t) = e^{-\alpha t}\beta \;\; para \;\; toda \;\; t \geq 0$$

$$F(t) = 1 - e^{-\alpha t}\beta \;\; para \;\; toda \;\; t \geq 0$$

DENSIDADES DE LA DISTRIBUCIÓN DE WEIBULL

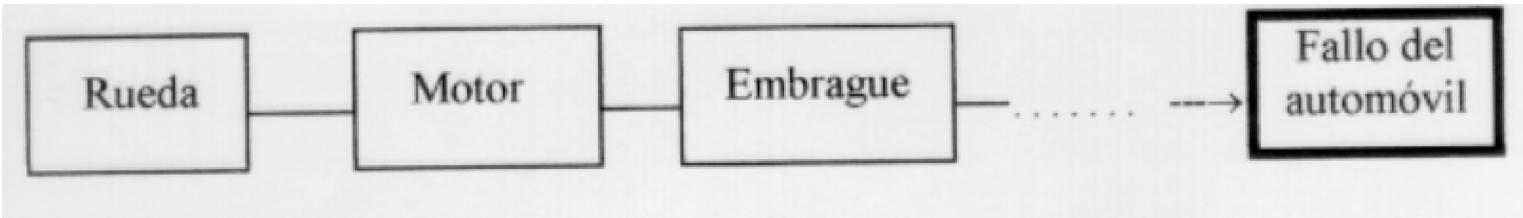


FIABILIDAD DE SISTEMAS



FIABILIDAD DE SISTEMAS. Sistemas en serie

Sistemas en los que el fallo del mismo equivale al de uno sólo de sus componentes. El sistema funciona si todos los componentes funcionan correctamente

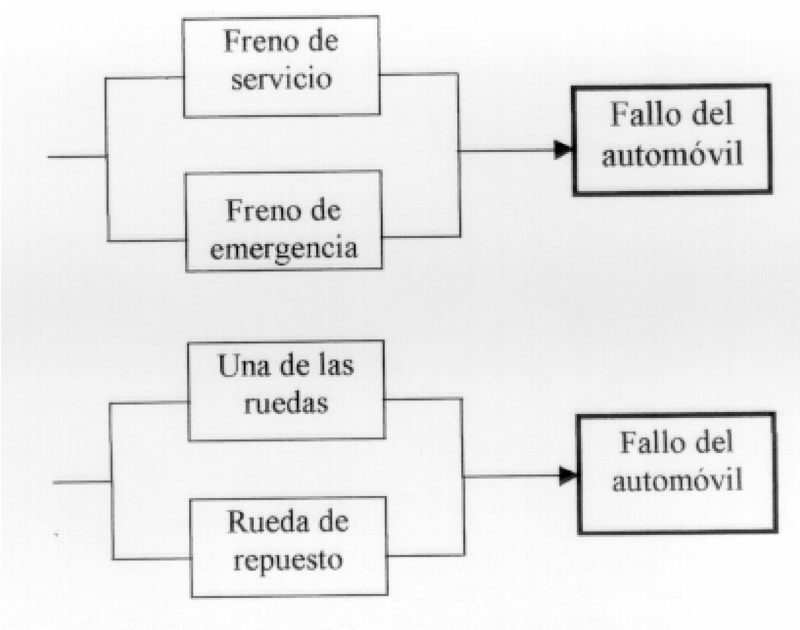


Para n componentes

$$R(t) = \prod_{i=1}^{n} R_i(t)$$

FIABILIDAD DE SISTEMAS. Sistemas en paralelo

Sistemas en los que el sistema falla si todos los componentes fallan en su operación



$$F(t) = F_1(t) \cdot F_2(t) \cdot \ldots \cdot F_n(t)$$

$$R(t) = 1 - F(t)$$

Para n componentes

$$R(t) = 1 - \prod_{i=1}^{n} (1 - R_i(t))$$

Sistemas en paralelo. Redundancia

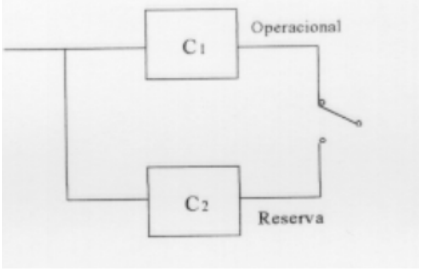
La REDUNDANCIA es una característica inherente al modelo paralelo

Redundancia activa

Todos los elementos redundantes están activos simultáneamente

Redundancia secuencial (stand-by)

El elemento redundante funciona sólo como consecuencia del elemento primario



$$R(t) = R_1(t) + F(t_1) \cdot R_2(t-t_1)$$

OTRAS MEDIDAS DE LA FIABILIDAD

Tiempo medio entre ciclos de mantenimiento o el tiempo medio entre dos fallos consecutivos (*Mean Time Between Failures; MTBF*)

$$MTBF = \frac{T}{\overline{n}}$$

T: Periodo de tiempo

$\overline{n}$: Número medio de averías

N: Número de componentes

$$\overline{n} = \sum_{i=0}^{N} \frac{n_i}{N}$$

Tiempo medio hasta la avería (*Mean Time to Failure; MTTF*)

$$MTTF = \frac{\sum_{i=1}^{N} t_i}{N}$$

t: Tiempo de funcionamiento hasta que se produce la avería

N: Número de elementos idénticos ensayados

CONCEPTO DE MANTENIBILIDAD

“Característica inherente al elemento, asociada a su capacidad de ser recuperado para el servicio cuando se realiza la tarea de mantenimiento necesaria”

- ***Definiciones***

T: Duración de la intervención

M(t): **Función de mantenibilidad**

$$M(t) = P(T < t)$$

f(t): Función de densidad de probabilidades

$$g(t) = \frac{dM(t)}{dt}$$

μ(t): ***Función de tasa de reparación***

$$\mu(t) = \frac{g(t)}{1 - M(t)}$$

OTRAS MEDIDAS DE LA MANTENIBILIDAD

Media de los tiempos técnicos de reparación (MTTR)

T= f (factores personales, condicionales y ambientales)

Factores personales

- Habilidad
- Motivación
- Experiencia
- Capacidad física
- ...

Factores condicionales

Consecuencias del fallo sobre el propio elemento

- Geometría
- Condición
- ...

Ambientales

- Temperatura
- Humedad
- Ruido
- Iluminación
- ...

CONCEPTO DE DISPONIBILIDAD

"Probabilidad de un sistema de estar en funcionamiento o listo para funcionar en el momento requerido"

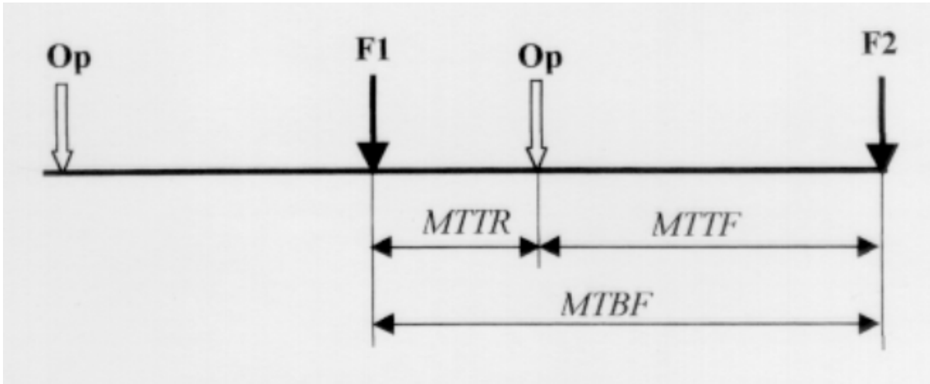
- El sistema no debe tener fallos
- En caso de haber sufrido fallos, han sido reparados en un tiempo menor que el permitido para su mantenimiento

$MTBF = 1 / \lambda$	(Tiempo medio entre fallos)
$MTTR = 1 / \mu$	(Tiempo medio de reparación)
A (Availability):	Disponibilidad del sistema

$$\lambda (t) = \lambda$$
$$\mu (t) = \mu$$

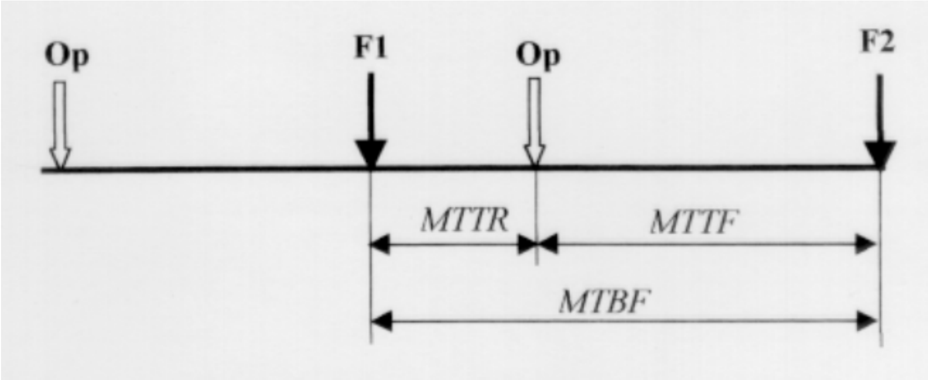
CONCEPTO DE DISPONIBILIDAD

MTBF = 1 / λ	(Tiempo medio entre fallos)	$\lambda(t) = \lambda$
MTTR = 1 / μ	(Tiempo medio de reparación)	$\mu(t) = \mu$
A (Availability):	Disponibilidad del sistema	



$$A = \frac{Tiempo \quad total \quad en \quad condiciones \quad de \quad servicio}{Tiempo \quad total \quad del \quad intervalo \quad estudiado}$$

CONCEPTO DE DISPONIBILIDAD



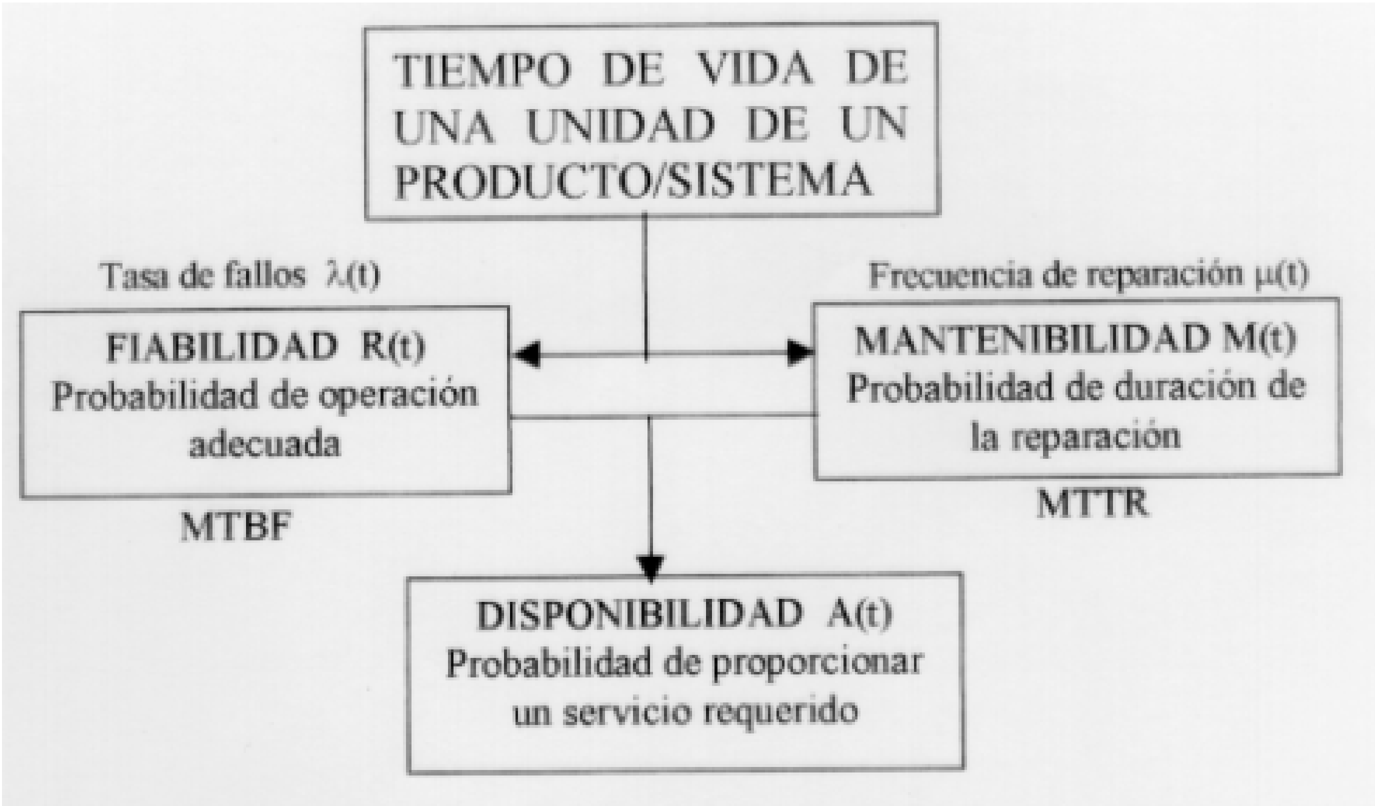
$$A = \frac{Tiempo\ \ total\ \ en\ \ condiciones\ \ de\ \ servicio}{Tiempo\ \ total\ \ del\ \ intervalo\ \ estudiado}$$

$$A = \frac{K \cdot MTBF}{K \cdot \left(MTBF + MTTR\right)} = \frac{\frac{1}{\lambda}}{\frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\mu}} = \frac{\mu}{\mu + \lambda}$$

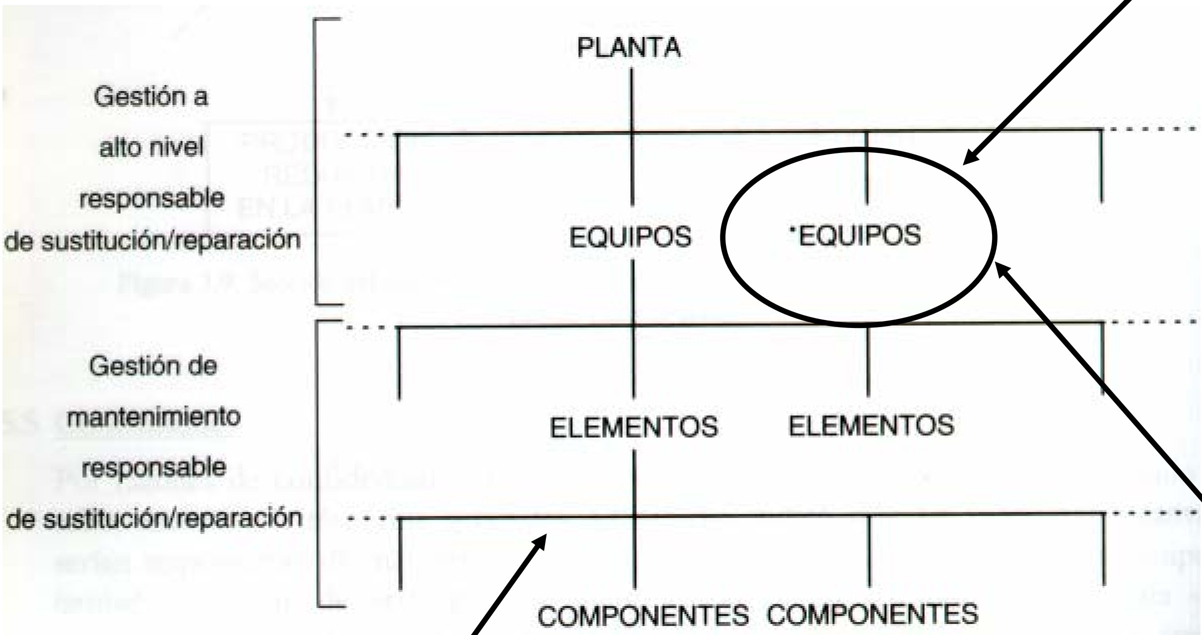
K: Número de ciclos - reparación

Si MTTR = 0 ⇒ A = 100 %

FIABILIDAD – MANTENIBILIDAD - DISPONIBILIDAD



PLANIFICACIÓN DEL MANTENIMIENTO INDUSTRIAL



Factores externos a largo plazo:

- Obsolescencia
- Ventas
- Coste del capital

Estrategia corporativa

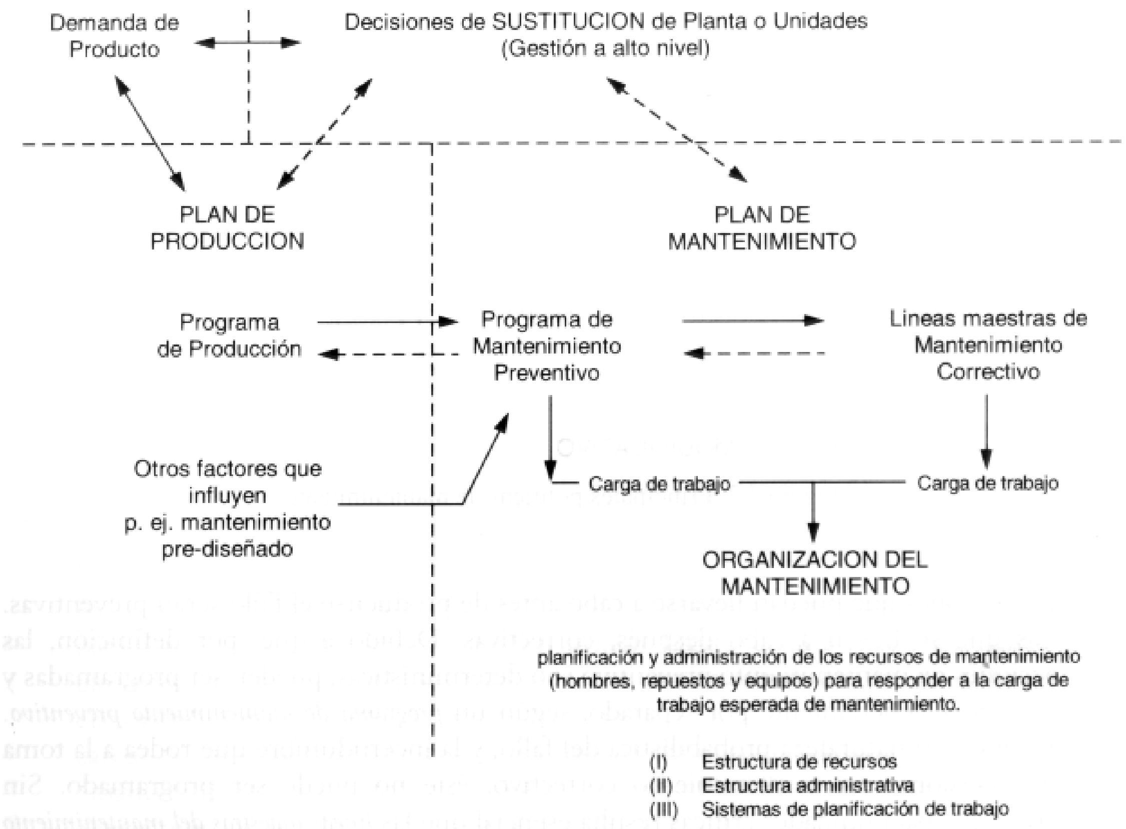
Factores internos a corto plazo:

- Coste de mantenimiento
- Coste de operación

Plan de mantenimiento (reparación, modificación, sustitución de piezas..)

PLAN DE MANTENIMIENTO. LÍNEAS GENERALES

- Programa de mantenimiento preventivo
- Líneas maestras del mantenimiento correctivo



POLÍTICAS DE MANTENIMIENTO: PREVENTIVO Y CORRECTIVO

Combinación de *políticas de mantenimiento* para cada equipo

⇓

PLAN DE MANTENIMIENTO

- Política de reparación o sustitución a intervalo fijo antes del fallo
- Política de mantenimiento según condición
- Política de mantenimiento de oportunidad
- Política de operación hasta fallo y mantenimiento correctivo
- Política de mantenimiento modificativo

1.- Reparación o sustitución a intervalo fijo antes del fallo

Para modelos de fallo claramente dependientes del tiempo

- Se espera a que se agote la vida del elemento
- Costes totales de sustitución mucho menores que los de fallo y reparación

↓

ADECUADO PARA ELEMENTOS DE FÁCIL SUSTITUCIÓN

↑

- Cuanto más complicado es un elemento hay menos probabilidad de que su patrón de fallo dependa del tiempo

- Los elementos complejos son caros de sustituir o reparar y tienen problemas después de la manipulación

2.- Mantenimiento según condición

Para determinar cuando se debe realizar el mantenimiento correctivo

Se monitoriza algún parámetro característico del funcionamiento del elemento

↓

*SU **CONVENIENCIA** Y **PERIORICIDAD** DEPENDEN DE LAS **CARACTERÍSTICAS DE DETERIORO** DEL EQUIPO Y DE LOS **COSTES DE MONITORIZACIÓN***

↑

- *Equipos de fácil sustitución:* Se comprueban a intervalos cortos con poco coste
- *Equipos de difícil sustitución*: Se comparan los costes de monitorización con los de reparación y pérdidas por indisponibilidad

3.- Mantenimiento de oportunidad

Acciones de mantenimiento realizadas cuando **en otros elementos:**

- Se ha producido el fallo y hay que para para reparación

- Se han realizado reparaciones o sustituciones a intervalo fijo o según el estado

CONVENIENTE *PARA* ***ELEMENTOS DE DIFÍCIL SUSTITUCIÓN*** *O EN* ***FUNCIONAMIENTO CONTINUO****, CON* ***ALTOS COSTES DE PARADA*** *Y/O* ***INDISPONIBILIDAD***

4.- Operación hasta fallo y mantenimiento correctivo

Mantenimiento correctivo

- Cuando un elemento falla
- Basado en la condición

ELECCIÓN DEL MÉTODO MÁS ECONÓMICO PARA LA RECUPERACIÓN DEL EQUIPO

REPARACIÓN IN-SITU

↑ *Indisponibilidad*

SUSTITUCIÓN DEL ELEMENTO COMPLETO

↓ *Indisponibilidad*

Función de los <u>costes de reparación y sustitución</u>

5.- Mantenimiento modificativo

INTENTA ELIMINAR LAS CAUSAS DEL FALLO

Ingeniería

Mantenimiento

ETAPAS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO (I)

1. Clasificación e identificación de equipos
2. Recogida de información
   i. Modelo de producción (continuo, fluctuante, intermitente,...)
   ii. Naturaleza del proceso
   iii. Recomendaciones de los fabricantes
   iv. Características de fallo
   v. Características de reparación
   vi. Factores económicos
   vii. Factores de seguridad y medio ambiente

ETAPAS DEL PLAN DE MANTENIMIENTO (II)

3. Selección de la política individual

   i. *Sustituciones a intervalo fijo:* Equipos de fácil sustitución, de bajo coste

   ii. *Mantenimiento basado en condición:* Equipos de difícil sustitución, de elevado coste

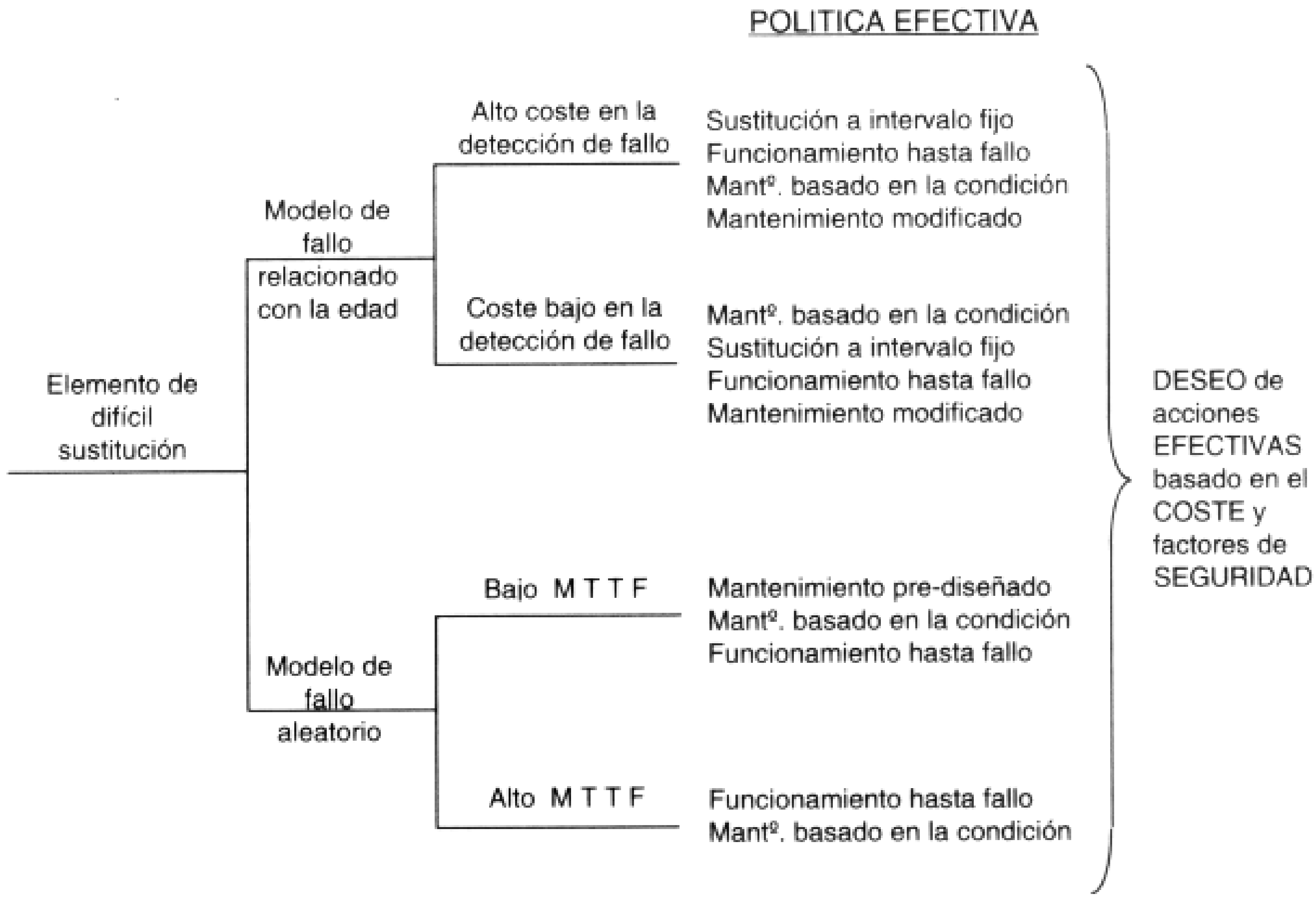
   iii. *Equipos con alto coste de mantenimiento:* Conveniencia de modificar el diseño

   iv. *No es efectivo el mantenimiento preventivo ni el modificativo:* El equipo operará hasta su fallo

4. Programa de mantenimiento preventivo total

5. Líneas generales del programa de mantenimiento correctivo

MANTENIMIENTO EN PLANTAS COMPLEJAS

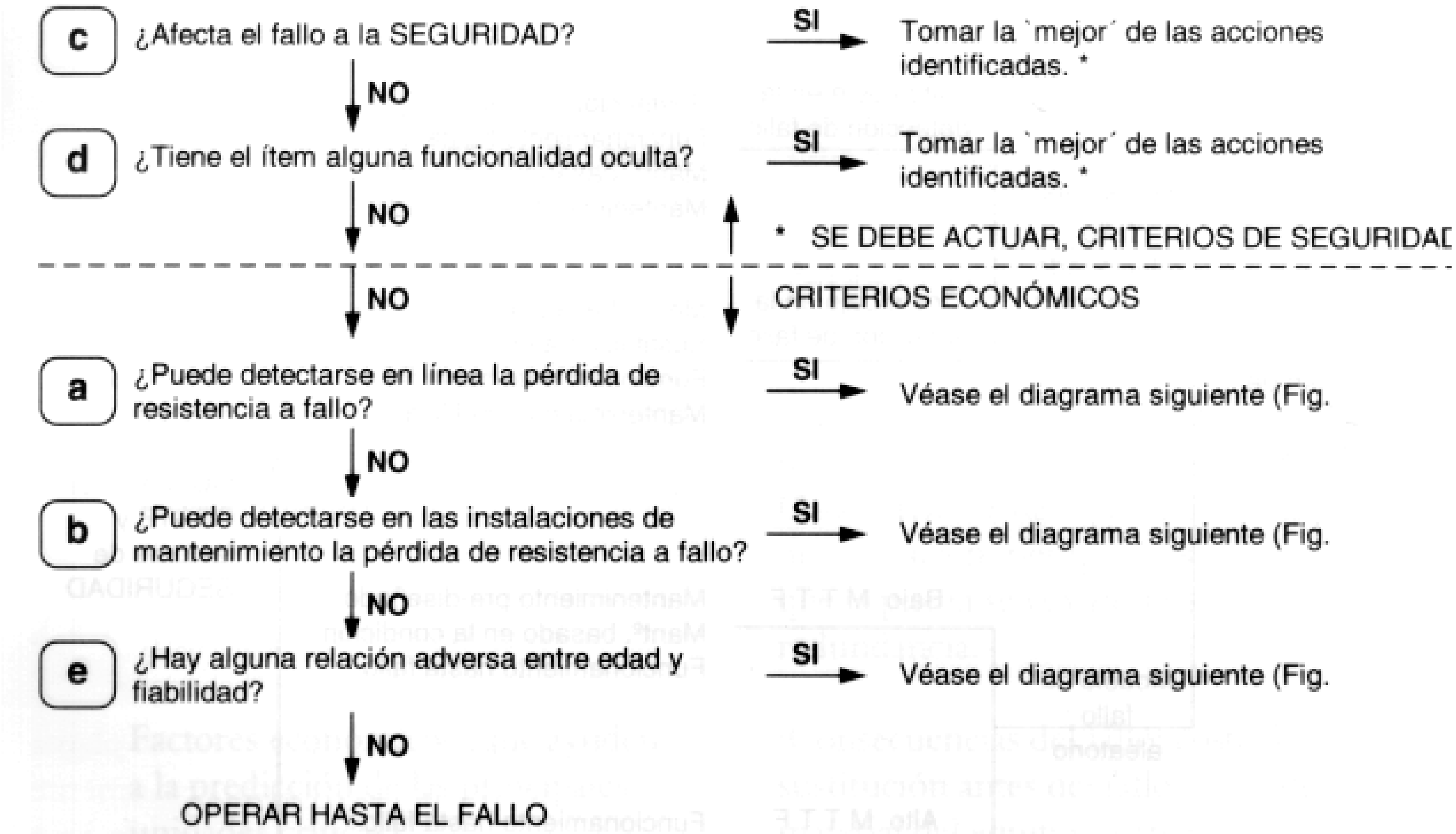


DIAGRAMAS DE TOMA DE DECISIONES (I)

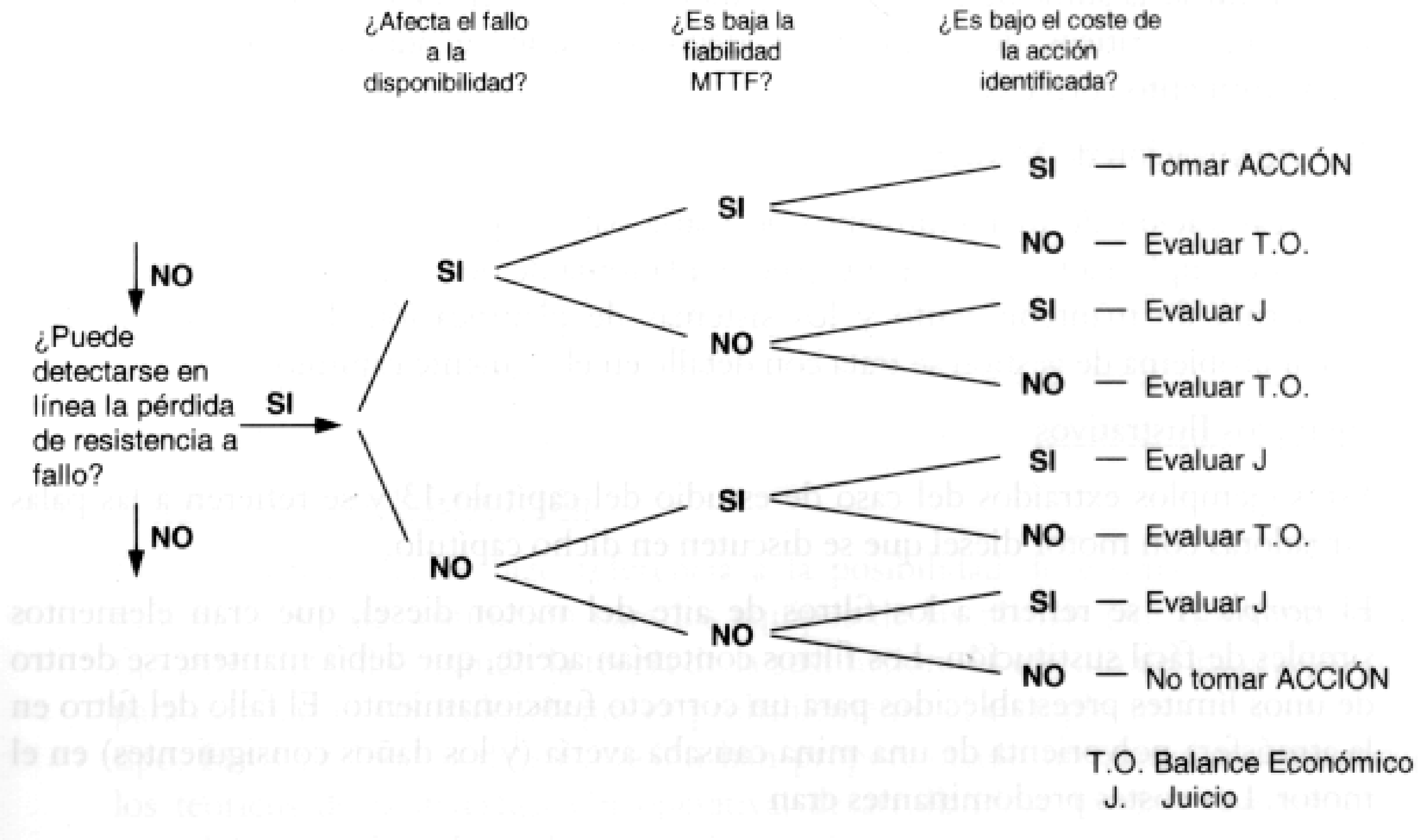
	Pregunta		Acción
a	¿Puede detectarse en línea la pérdida de resistencia a fallo?	**SI** →	listar acciones
	↓ **NO**		
b	¿Puede detectarse en las instalaciones de mantenimiento la pérdida de resistencia a fallo?	**SI** →	listar acciones
	↓ **NO**		
c	¿Afecta el fallo a la SEGURIDAD?	**SI** →	Identificar la causa y listar acciones
	↓ **NO**		
d	¿Tiene el equipo alguna funcionalidad oculta?	**SI** →	listar acciones
	↓ **NO**		
e	¿Hay alguna relación adversa entre edad y fiabilidad?	**SI** →	listar acciones, por ejemplo, revisiones generales a intervalos fijos, etc.
	↓ **NO**		

No existen acciones de mantenimiento que sean EFECTIVAS. Mejorar la fiabilidad si resulta ECONÓMICO.

DIAGRAMAS DE TOMA DE DECISIONES (II)



DIAGRAMAS DE TOMA DE DECISIONES (III)



TÉCNICAS DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO
(Según condición o estado)

Ventajas

- Más eficiente y flexible que cualquier otro tipo de mantenimiento
- Se puede programar la parada del equipo con antelación al fallo
- Se reducen la cantidad de piezas sustituidas innecesariamente

Casos no convenientes

- No todas las causas de fallo de la planta pueden ser detectadas con antelación
- Monitorización demasiado costosa en mano de obra y equipos

APLICACIÓN →

Costes de monitorización < Reducción esperada de costes de mantenimiento y disponibilidad

Necesario por seguridad y medio ambiente

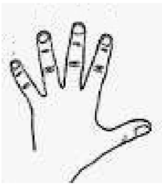
TIPOS DE CONTROL

CONTROL SIN INTERRUPCIÓN DE LA OPERACIÓN DEL EQUIPO

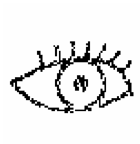
CONTROL QUE REQUIERE LA PARADA DEL EQUIPO O CON CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO DIFERENTES A LAS NORMALES

TÉCNICAS DE CONTROL EN MARCHA

1. Inspección visual, acústica y táctil de los componentes accesibles



i. Holgura de componentes no rotativos
ii. Restos de material de desgaste o corrosión (uniones, remaches, juntas de fricción...)
iii. Desplazamiento relativo dos componentes (1μm)



iv. Laca frágil sobre una junta , desplazamiento relativo entre las dos partes
v. Partes internas inaccesibles mediante técnicas ópticas



vi. Movimiento de juntas con holgura, golpeteo

TÉCNICAS DE CONTROL EN MARCHA

2. Control de temperatura

   i. Se monitorizan las variaciones de temperatura

   ii. Termómetros, termopares, termistores, pinturas, infrarrojos, etc.

   - Temperatura del lubricante a la salida del cojinete
   - Temperatura del agua de refrigeración de una máquina
   - ....

3. Control de lubricante

   i. Filtros magnéticos

   ii. Análisis del aceite y de los filtros

   - Desgaste de los engranajes e inicio de la fatiga (Análisis de la forma de las virutas)
   - ....

TÉCNICAS DE CONTROL EN MARCHA

4. Detección de pérdidas
   i. Varios métodos (Ej: agua jabonosa)

5. Monitorizado de vibraciones
   i. Detecta gran cantidad de fallos
   ii. Técnica mayoritariamente empleada
   iii. Gran cantidad de información

- Vibraciones cerca de los cojinetes: Detecta y diferencia entre desequilibrio, desalineamiento, fallo de cojinetes, fallo de engranajes...
- Desgaste
- Cavtación
- ....

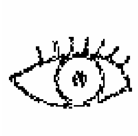
TÉCNICAS DE CONTROL EN MARCHA

6. Control de ruidos
   i. Sonidos especiales (Ej: Fugas)
   ii. Análogo al control de vibraciones

7. Control de corrosión
   i. Cambio de la resistencia eléctrica de probetas de medida con la corrosión

TÉCNICAS DE CONTROL EN PARADA

1. Inspección visual, acústica y táctil de los componentes en *movimiento* o *inaccesibles*



   i. Estado de la superficie de los dientes de los engranajes (sobrecarga, fatiga, desgaste, pobre lubricación,...)

   ii. .....

2. Detección de fisuras

   i. Líquidos penetrantes en las superficies de las fisuras (hasta 0,025 μm a simple vista)

   ii. Pulverizado de partículas magnéticas

   iii. Resistencia eléctrica

   iv. Corrientes inducidas

   v. Ultrasonidos

TÉCNICAS DE CONTROL EN PARADA

3. Detección de fugas
    i. Ej: Mediante ultrasonidos

4. Ensayo de vibraciones
    i. Respuesta del sistema ante una vibración

5. Control de corrosión
    i. Instalación de probetas en el equipo, e inspección periódica (Ej: mediante ultrasonidos)

TÉCNICAS DE CONTROL DE APLICACIÓN GENERAL

- ✓ CONTROL DE LUBRICANTES
- ✓ CONTROL DE TEMPERATURA
- ✓ MONITORIZACIÓN DE VIBRACIONES Y RUIDOS

CONTROL DE LUBRICANTES

✓ Residuos depositados (Partículas más grandes)

FILTROS: - Extracción del filtro

- Análisis de los residuos

Tamaño, contorno, composición

Cambios en los componentes en contacto con el aceite

COLECTORES MAGNÉTICOS:

- Recogida de componentes ferrosos

CONTROL DE LUBRICANTES

✓ Residuos en suspensión (Partículas más pequeñas)

***ANÁLISIS CON ESPECTRÓMETRO*:**

- Medida de concentración de partículas
- Velocidad de formación

***ANÁLISIS FERROGRÁFICO*:**

- Decantación de partículas magnéticas, distribuidas en función del tamaño
- Análisis de las partículas por concentración, tamaño, distribución y forma

CONTROL DE LUBRICANTES

✓ Estado del aceite usado

Síntoma	***Causas***	***Acción***
Espuma	Exceso de agitación o paso bajo presión a través de restricciones	Revisar el sistema
	Contaminación por detergentes	Cambiar el aceite
Emulsión		
Se separa naturalmente	Agua mezclada	Drenar el agua
Se separa con centrifugación	Agua mezclada	Cambiar el aceite
Color oscurecido	Oxidación del aceite	Cambiar el aceite
	Exceso de temperatura	
	Combustión o existencia de otros productos en el aceite	

ANOMALÍAS DETECTADAS MEDIANTE EL CONTROL DE LUBRICANTES

Cambio en la cantidad de residuos recogida

↓

Cambio en la condición de la máquina

VIDA NORMAL

% de residuos
composición
tamaño
forma

} *CONSTANTES*

PUESTA EN MARCHA

↓ % de residuos

ANOMALÍAS DETECTADAS MEDIANTE EL CONTROL DE LUBRICANTES

- ✓ Partículas normales
  - Planas
- ✓ Partículas desprendidas por corte o abrasión
  - Espiral
- ✓ Partículas producidas por fatiga
  - Angulares más largas

CONTROL DE TEMPERATURA

✓ OBJETIVOS

- Control manual de la temperatura de un proceso
- Detección de un incremento de generación de calor, producido por mal funcionamiento de algún componente
- Detección de cambios en la transmisión de calor de la máquina al exterior

LOCALIZACIÓN DE LAS MEDIDAS DE TEMPERATURA

Punto interior: Temperatura del agua de una caldera

Más complejo

La instalación del sensor puede modificar la temperatura

Punto de la superficie: Componente cualquiera

Rodamiento

INSTRUMENTOS PARA EL CONTROL DE TEMPERATURA

1. Sensores de contacto
   i. *<u>Basados el dilatación o expansión de líquidos</u>*
      - Muy grandes, inadecuados para medidas superficiales
      - Precisos, pero frágiles
      - Para medidas a distancia
   ii. *<u>Sensores bimetálicos de expansión</u>*
      - Se pueden fabricar compactos
      - Para temperaturas elevadas
      - Menos precisos que los anteriores

INSTRUMENTOS PARA EL CONTROL DE TEMPERATURA

1. Sensores de contacto

   iii. *Termopares*

   - Los más pequeños y adaptables
   - Cobre, constantan, cromo alumen
   - Gradientes de temperatura elevados y superficiales

   iv. *Termorresistencias*

   - Elementos que cambian su resistencia con la temperatura
   - Ej: Medida de la temperatura del agua de recirculación en máquinas de combustión interna

INSTRUMENTOS PARA EL CONTROL DE TEMPERATURA

2. Pinturas, testigos de color y bolas
3. Sensores sin contacto

   i. *Pirómetro óptico*

   i. *Pirómetro de radiación*

   $$E = \sigma \varepsilon T^4$$

   i. *Cámara infrarroja*

AVERÍAS DETECTABLES MEDIANTE CONTROL DE TEMPERATURA

- ✓ Daños en rodamientos
- ✓ Fallos de refrigeración
- ✓ Incorrecta generación de calor en una máquina de combustión interna o una caldera
- ✓ Depósito de material en lugares inadecuados
- ✓ Daños en el aislamiento
- ✓ Fallos en componentes eléctricos

MONITORIZACIÓN DE VIBRACIONES Y RUIDOS

Todas las máquinas vibran

RUIDOS

- Más fáciles de medir
- Interferencias por ruidos parásitos

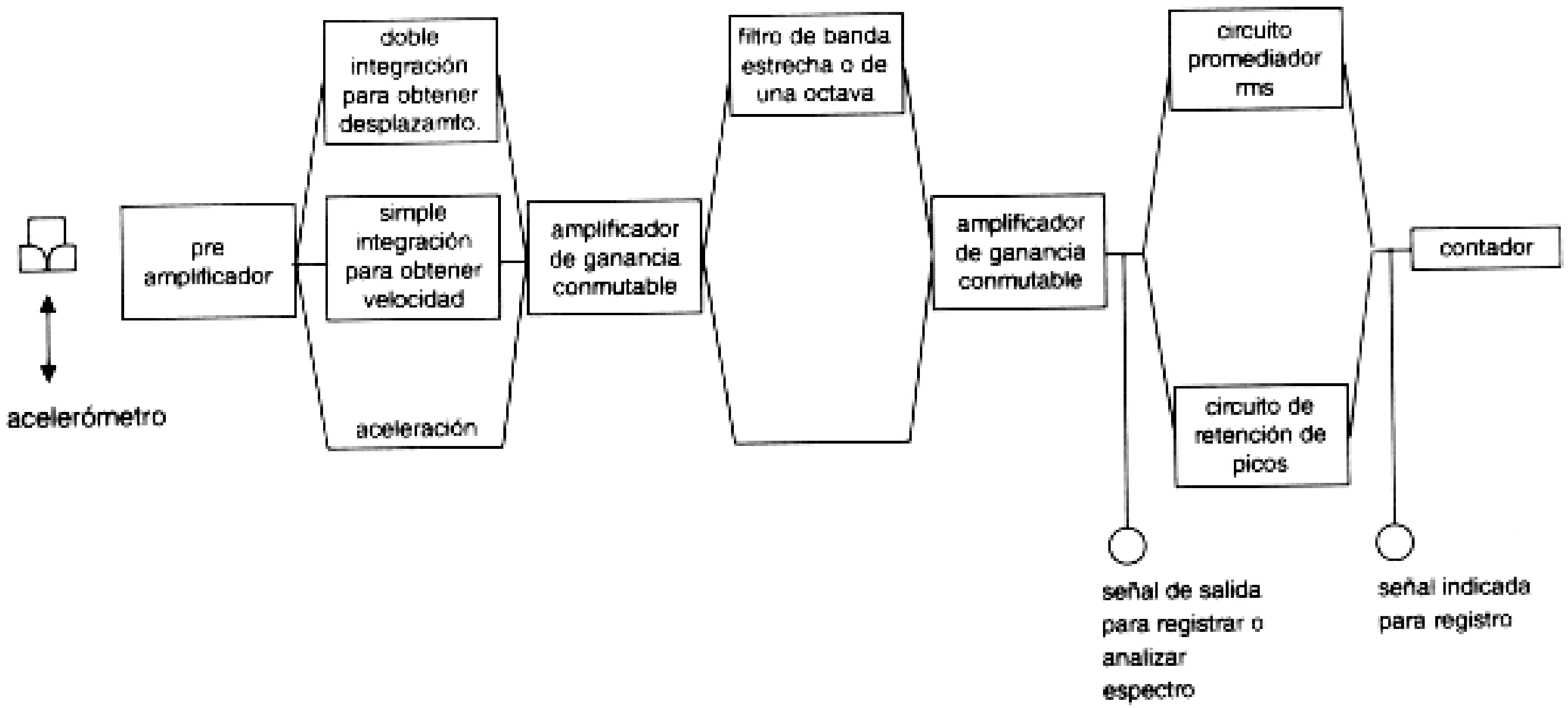
MICRÓFONO

VIBRACIONES

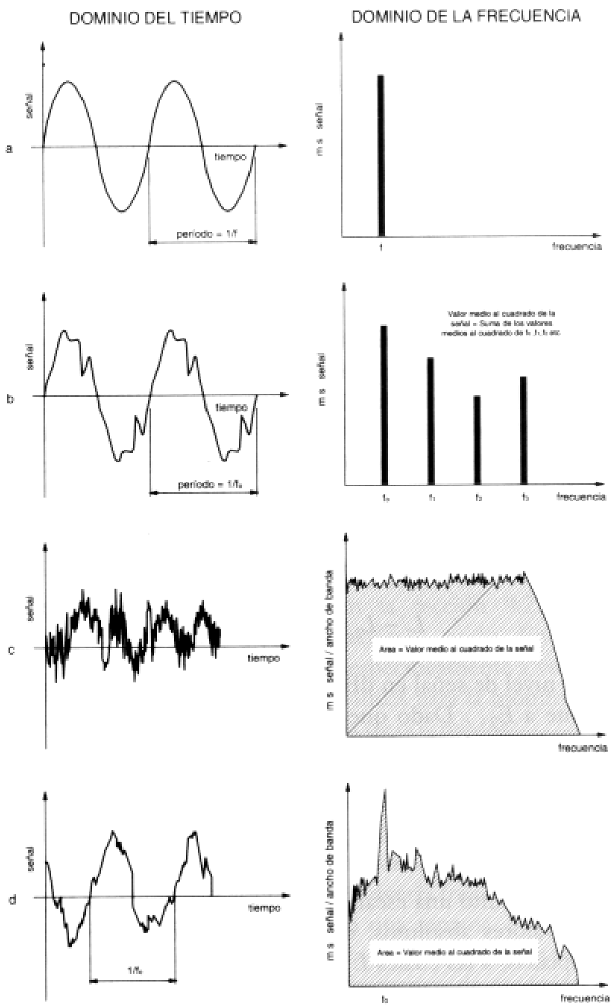
- Medida más selectiva y repetible
- La mayoría de las vibraciones están asociadas a partes mecánicas móviles

ACELERÓMETRO PIEZOELÉCTRICO

MONITORIZACIÓN DE VIBRACIONES Y RUIDOS



SEÑALES DE RUIDO O VIBRACIÓN



$$V_{pico} = \sqrt{2} \cdot V_{r.m.s.}$$

$$V_{r.m.s.} == \sqrt{\left[\frac{1}{T}\int_0^T V^2 dt\right]}$$

$$(V^T_{r.m.s.})^2 = \sum_n (V^n_{r.m.s.})^2$$

TÉCNICAS PRÁCTICAS DE MONITORIZACIÓN DE VIBRACIONES

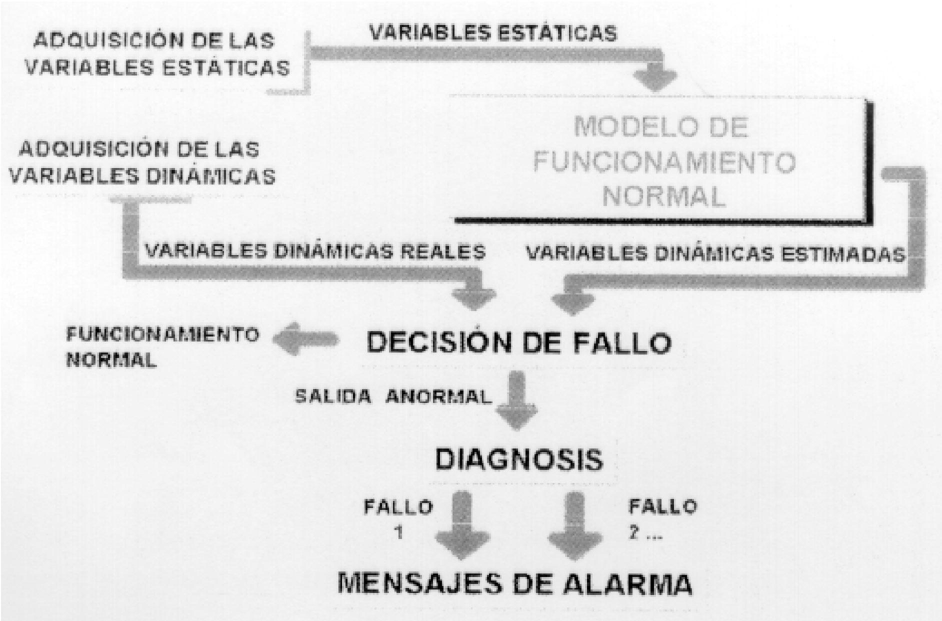
Mediciones periódicas con instrumentos portátiles

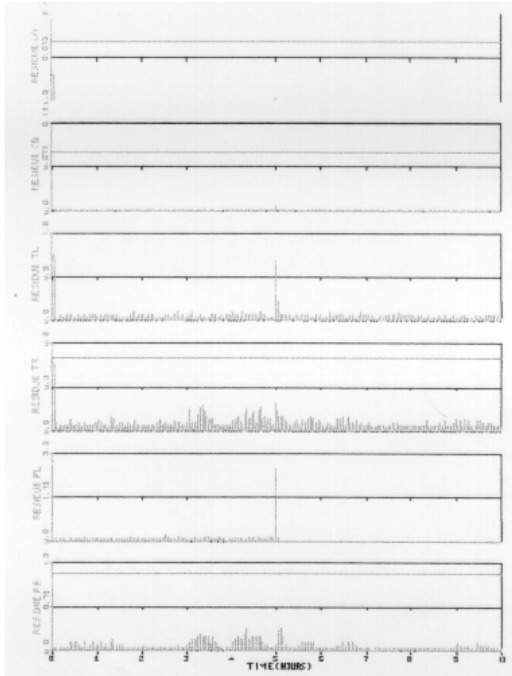
Monitorización continua con instrumentos permanentes

- *Transductores montados sobre elementos que transmitan la vibración adecuadamente, con frecuencia natural elevada*
- *Frecuencia de vibración asociada a un problema en concreto*
- *Análisis de señales pico en elementos dañados que producen impulsos en la vibración*

MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO EN EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO

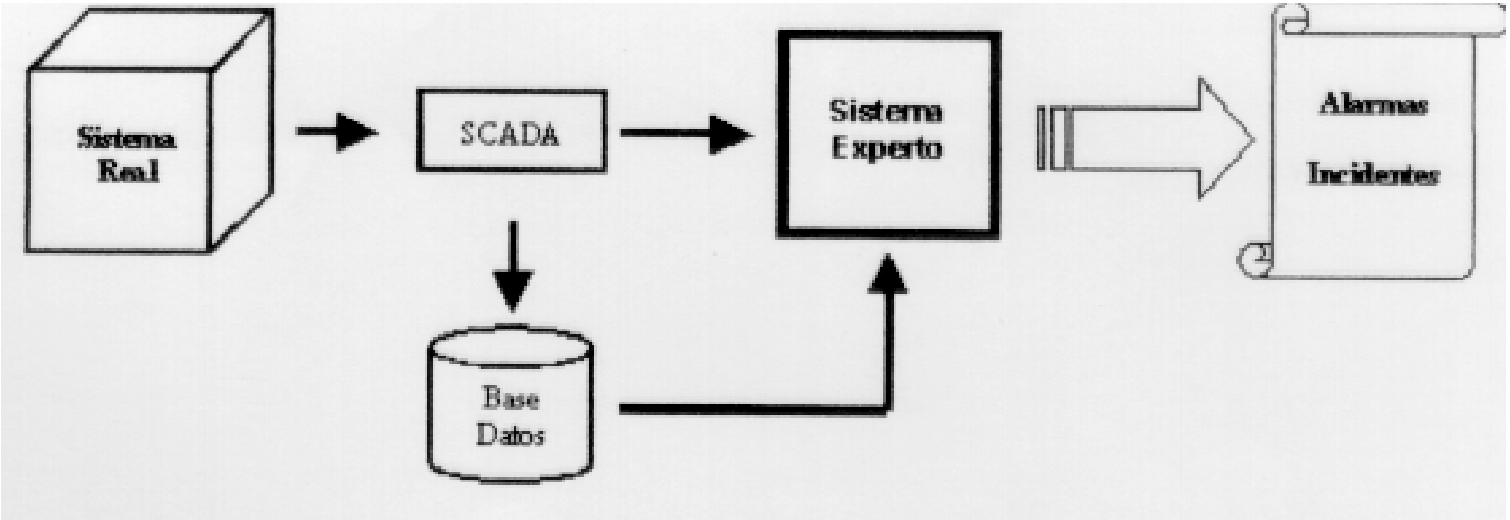
✓ Diagnóstico basado en modelos





MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO EN EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO

✓ Diagnóstico basado en sistemas expertos



MÉTODOS DE DIAGNÓSTICO EN EL MANTENIMIENTO PREDICTIVO

✓ Diagnóstico basado en redes neuronales

